

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 746 862**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.01.2018** **PCT/KZ2018/000003**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.08.2018** **WO18151586**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.01.2018** **E 18712481 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.06.2019** **EP 3411592**

54 Título: **Rueda eólica con curva de codo de pala**

30 Prioridad:

14.02.2017 KZ 20170125

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

09.03.2020

73 Titular/es:

SHAIKENOV, BLOK (50.0%)
Uly-Dala Street 6/2 apartment 86
Astana 010000, KZ y
SHAIKENOV, YERZHAN BLOKOVICH (50.0%)

72 Inventor/es:

SHAIKENOV, BLOK y
SHAIKENOV, YERZHAN BLOKOVICH

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 746 862 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Rueda eólica con curva de codo de pala

- 5 La invención se refiere a una rueda eólica de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1, así como a un método para la fabricación de una rueda eólica de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación independiente adicional. Dicha rueda eólica y tal método se conocen a partir del documento EP 2 937 557 A1.
- 10 La invención se refiere a energía eólica, específicamente al uso de energía eólica para generar energía usando turbinas de eje horizontal en plantas de energía eólica de baja, media y alta capacidad que usan un rotor de tres palas. El elemento principal de la planta de energía eólica para convertir la energía cinética de una corriente de viento son las características de diseño de la rueda eólica.
- 15 La técnica anterior conoce una rueda eólica para plantas de energía con un eje de rotación horizontal (EP 1923567A2, de 21 de mayo de 2008), en la que el mango de la pala se monta con 8-10° de inclinación de barlovento desde el plano vertical, que evita la destrucción de las puntas de las palas por el posible contacto con la torre durante fuertes ráfagas de viento. En una ráfaga de viento repentina, las palas de dicha rueda eólica pueden asumir solo la posición vertical, pero las puntas de las palas no alcanzan la torre del motor.
- 20 La técnica anterior conoce la invención KZ 28871 de 15 de agosto de 2014, en la que las palas consisten en dos partes: una parte corta de raíz y una parte larga en forma de ala. La parte corta de raíz está hecha de acero resistente cubierto con revestimiento de fibra de vidrio reforzado, y 1,5-3,5 metros desde el accesorio al buje de la planta tiene una curva de codo de 30-45° opuesta a la dirección de rotación del rotor. El segmento de la parte corta de raíz desde el punto de unión al buje hasta la curva se llama segmento axial, y el segmento después de la curva se llama segmento de manguito.
- 25 La desventaja de dicha invención es que la parte corta se hace de litio fundido, lo que complica los problemas tecnológicos de trabajar el metal de la conexión del extremo axial con el buje y con la estructura interna del segmento de manguito para la conexión con el mango de la parte en forma de ala de la pala. La compatibilidad del revestimiento de fibra de vidrio con la parte corta axial de acero, que tienen diferentes grados de expansión y compresión bajo diversas condiciones de temperatura (altas y bajas temperaturas), crea una cierta dificultad técnica.
- 30 La técnica anterior conoce la invención KZ 29206 del 17 de noviembre de 2014, en la que las palas consisten en dos partes: una parte corta de raíz y una parte larga en forma de ala. La parte corta de raíz consiste en un segmento axial conectado al buje de la planta eólica y un segmento de manguito al que está conectado el mango de la parte en forma de ala de la pala. Los dos segmentos están hechos por separado de acero fuerte. Los segmentos axial y de manguito están conectados en un ángulo de 30-45° para formar una curva de codo. La curva angular está orientada hacia atrás, contra la rotación de la rueda eólica. Los cables de acero entre los segmentos axial y de manguito están estirados para evitar la rotura en la curva de codo.
- 35 40 Las desventajas de dicha invención son los estrechos parámetros de la conexión angular de los segmentos axiales y de manguito (30-45°) que forman la curva del codo de la parte corta de raíz de la pala, lo que limita el posible uso de la acción de palanca de la pala larga en forma de ala para aumentar el efecto de rotación en otros parámetros. El concepto técnico y la fiabilidad de los mecanismos de bisagra de la conexión del esqueleto del segmento de manguito con el árbol de conexión de la pala en forma de ala, donde los anillos de soporte del segmento de manguito y las protuberancias anulares de la pala en forma de ala son individuales, provocan ciertas dudas. Su funcionalidad no está claramente establecida, ya que la brida de extremo orientada hacia la pala en forma de ala y el disco de bloqueo en la curva de codo soportan la carga principal en la fijación de estos mecanismos.
- 45 50 La técnica anterior conoce la invención FR 2863318A1 de 10 de junio de 2005, en la que el mango de pala tiene una curva en contra de la dirección del viento, y la parte larga de la pala adopta una posición angular con respecto al eje del mango que pasa a lo largo de la parte recta, que fue concebida para reducir las perturbaciones aerodinámicas creadas por el paso de las palas antes mencionadas antes del mástil de la torre. Una parte de la curva representa la continuación de la línea axial y está parcialmente hundida en el buje. La segunda parte de la curva, que forma un ángulo con la primera parte, está situada en una línea recta con una pala larga en forma de ala, como se muestra en las figuras 8, 9 y 10 (FR 2863318A1) pasando desde su punta a la conexión con el buje. El mango de la pala es de una pieza, por lo que la acción de la palanca o la pala se transmite a través de un soporte, la conexión de la pala al buje de la planta, por lo que las distorsiones del mango contribuyen un poco más a amplificar la rotación de la pala y, en consecuencia, a la capacidad de la planta eólica.
- 55 60 La técnica anterior conoce la invención WO 2008/064678 A2, que consiste en una pala de planta de energía eólica con un dispositivo de fijación para el montaje en un cojinete de cabeceo circular, de tal manera que el eje de la pala está dispuesto en un ángulo con respecto al eje longitudinal de la pala, lo que permite la intersección elíptica del eje principal, y la distancia entre la parte exterior de la pala y el soporte aumenta, mientras que el borde frontal de la pala se eleva hacia el viento.
- 65

Según la descripción, esto se consigue por el hecho de que las palas consisten en dos partes: una base corta que está fijada al buje de la planta, perpendicularmente al eje horizontal del árbol principal, y una pala larga montada en el plano de cabeceo (dispositivo de Yuryev-Sikorsky) de la parte corta, que también puede realizar rotación a lo largo de su eje longitudinal. El objetivo principal de este dispositivo de dos partes es asegurar una separación estable de la pala giratoria de la torre de la planta eólica "de una manera más compleja y avanzada que las turbinas convencionales con ajuste de cabeceo, donde al inclinarse, las palas pueden girar sobre su eje longitudinal".

En el análogo de la técnica anterior WO 2008/064678 A2, el giro del cojinete de cabeceo altera dos ángulos (figuras 7a y 7b), el ángulo de la pala de rotación axial 404 (figura 4 del documento WO 2008/064678 A2) y el ángulo de separación de la pala desde la torre (no mostrada en las figuras). Esto se debe al diseño del cojinete de cabeceo y, en consecuencia, a la orientación de la pala en el espacio. Obviamente, en el ángulo $404 = 0$, el ángulo entre el mástil y la pala también será cero. Si la flexión y la inclinación ocupan una posición transversal al eje principal del árbol principal, una pala larga puede asumir una posición paralela a la torre de la planta y el peligro de contacto entre la pala y la torre se puede crear en una fuerte corriente de viento (figura 11 del documento WO 2008/064678 A2).

La desventaja de dicha invención es la falta de fiabilidad de la articulación de la parte corta con la pala larga y la complejidad de los mecanismos de control de posición de la pala mientras se mantiene la inclinación del eje largo de la pala y simultáneamente girándola alrededor de su eje. El dispositivo está adaptado a partir de los mecanismos para asegurar las palas del helicóptero y solo puede operar con una pieza corta que tenga una longitud pequeña. Con una pieza corta de longitud significativa, los efectos del peso de la pala (que puede alcanzar de dos a siete toneladas en plantas de capacidad media y alta) y la presión del viento pueden someter a todos los mecanismos a un fallo rápida de las conexiones, por lo que la aplicabilidad industrial de la invención puede ser limitada.

La técnica anterior conoce la invención de los documentos WO 2014/185758 A1 de 20 de noviembre de 2014, EP 2 937 557 A1, que es un análoga al documento KZ 29206 17 de 17 noviembre de 2014. Esta técnica anterior forma el preámbulo de las reivindicaciones independientes adjuntas. Un segmento de manguito tiene un anillo de cojinete angular único y unos árboles de extremo de las palas en forma de ala tienen dientes angulares únicos, y estas partes están montadas con una brida en el árbol cilíndrico, y en la unión con el segmento axial a través de discos de bloqueo a tope.

En la técnica anterior, la invención KZ 32278 F03D, 31 de julio de 2017, la pala comprende dos partes: una parte corta de codo y una parte larga en forma de ala. Esta invención tiene en cuenta ciertas omisiones en el diseño de la invención realizadas por los autores, particularmente, la conexión angular de los segmentos axial y de manguito de la pala incrementa en $10-80^\circ$ la efectividad técnica de la invención de diseño de la parte corta de la pala, con una curva de codo que se determina donde se fortalece el momento de aplicación de fuerza utilizando un segmento axial adicional y una conexión angular de una parte de ala larga de la pala. Aquí, $F = F_1 + F_2$. De este modo, se ofrece una nueva y segura forma de conectar el segmento de manguito de la parte corta del codo de la pala con la parte larga de ala de la pala, donde el segmento de manguito contiene tres filas de soportes anulares dobles.

El objetivo de esta invención es crear un diseño de rueda eólica (rotor) que hace un uso eficiente de la energía cinética del movimiento del viento incidente libremente con un coeficiente de captura de viento mayor que $16/27$ (Yanson, 2007).

Este objeto se logra mediante una rueda eólica de acuerdo con la reivindicación 1. Realizaciones ventajosas de la invención son el objeto de la reivindicación dependiente. Un método para la fabricación de dicha rueda eólica forma el objeto de la reivindicación independiente adicional.

El resultado técnico de la invención es aumentar la utilización de energía eólica debido al diseño especial de la rueda eólica y reducir los gastos y el peso del material de la planta eólica.

Esto se logra por el hecho de que, con el fin de hacer un uso eficiente de la corriente de viento libre incidente, la pala en el nuevo diseño de rotor tiene la forma de un palo de hockey (figura 5). En el diseño del rotor reivindicado, la pala consiste en dos partes: una parte corta de raíz con una curva de codo (figuras 1a, 1b, 5 y 6) y una parte larga 8 en forma de ala (figuras 5 y 6). La parte corta del codo de la pala se divide en un segmento axial 3 (figuras 1a, 5 y 6), que se fija en el buje 9 (figuras 1a, 5 y 6) montado en el árbol principal 2 (figuras 5 y 6) de la turbina eólica y un segmento de manguito 4 (figuras 1b, 5 y 6) al que está conectada la parte larga 8 en forma de ala (figuras 4, 5 y 6). Los segmentos axial y de manguito están conectados en un ángulo de $10-80^\circ$ (curva de codo) con respecto al eje primario de la fijación y opuesto al sentido de rotación de las palas (figuras 5 y 6).

La determinación del ángulo de curvatura de la parte corta de codo en la articulación de los segmentos axial y de manguito en un ángulo de $10-80^\circ$ depende de la creación de una alta resistencia al flujo de viento incidente en el plano de la pala en forma de ala. La resistencia de la conexión en un ángulo de curvatura de menos de 10° conlleva problemas técnicos porque aumenta la presión de flexión de la fuerza de gravedad de la parte en forma de ala, que se amplifica por el par de la presión aerodinámica del viento y el efecto de torsión del viento opuesto sobre las palas. Aumentar el ángulo más allá de 80° en la curva del codo de la pala de la rueda del viento, aumentando la resistencia

a la corriente del viento, crea una carga aerodinámica adicional. Se logra un efecto aerodinámico más óptimo del sistema de doble palanca del diseño de la rueda eólica en un ángulo de curvatura del codo de 30-60° entre los segmentos axial y de manguito.

5 Hacer una sección corta de codo de una pieza en condiciones de fábrica es difícil por razones tecnológicas. Por lo tanto, los segmentos axial y de manguito de la parte corta del codo de la pala están hechos por separado de acero resistente. Su diseño es universal en el uso de varios tipos de rotor.

10 Las dimensiones y la longitud de los segmentos axial y de manguito de la parte corta de raíz dependen de los principios de uso y de la capacidad prevista del motor elólico. Para obtener una alta eficiencia de las características de diseño de las palas en forma de palanca con dos puntos de apoyo (brazos) de aplicación de fuerza, se ofrecen dos variantes de diseño del rotor.

15 En la opción de la rueda eólica 1 (Qaiqy zhelqalaq 1), el segmento axial de la parte de codo tiene una longitud de 1,5-5 metros ($1/10-1/20$ de la longitud de la pala), y se fija su extremo de la raíz al buje de la planta eólica 9 (figuras 1a y 5). Al reforzar el diseño de la conexión de los segmentos axial y de manguito, la parte larga en forma de ala de la pala como brazo de palanca proporciona una gran fuerza mecánica para una longitud relativamente baja. A la longitud especificada de la pala, calculada para la capacidad específica de las plantas eólicas modernas, el uso de nuestro diseño de rotor puede amplificar la capacidad del motor eólico en una cantidad algo significativa.

20 En los sitios con presiones de viento naturalmente fuertes, sugerimos el uso de la opción de diseño de la rueda eólica 2 (Qaiqy zhelqalaq 2), donde el segmento axial de la parte corta de codo 3 (figura 6) se extiende 0,2-1,5 metros fuera del círculo exterior del buje (mirando hacia el lado de la curva). Dentro del buje hay un tambor central 30 (figura 6) con aberturas de acceso para trabajadores 31 (figura 6), lo que permite que el trabajo técnico proporcione servicio a los mecanismos de los segmentos axial y de manguito. El centro de la planta eólica puede ser igual o algo mayor que el ancho de la góndola, pero no afecta la carga aerodinámica en la planta.

30 La diferencia fundamental en el diseño de pala de rotor de nuestra invención, y las formas y la estructura de las partes y diagramas de sus conexiones, se muestran en las siguientes figuras. La figura 1 muestra la estructura esquemática de los segmentos axial (figura 1a) y de manguito (figura 1b) de la parte corta del codo de la pala; La figura 2 muestra una sección transversal del punto de conexión del segmento de manguito de la parte corta y el árbol de extremo de la pala en forma de ala; La figura 3 muestra una sección transversal del árbol de la pala en forma de ala con tres protuberancias anulares segmentadas insertadas; La figura 4 muestra diagramas de la conexión de los segmentos axial y de manguito de la parte corta y la conexión del segmento de manguito con el árbol de extremo de la pala en forma de ala; La figura 5 muestra los diagramas de la pala de la rueda eólica completamente montada, donde los segmentos axial y de manguito tienen longitudes de 1,5-5 metros (Opción de rueda eólica 1); La figura 6 muestra los diagramas de la pala de la rueda eólica montada, donde la longitud del segmento axial es corta, 0,2-1,5 metros (Opción de rueda eólica 2); La figura 7 muestra el punto de aplicación de fuerza en las palas de un diseño de rotor convencional; La figura 8 muestra el punto de aplicación de fuerza en una pala con un codo doblado; y la figura 9 muestra el extremo de una pala en forma de ala con quilla.

40 Los detalles estructurales de los segmentos axial (figura 1a) y de manguito (Figura 1b) de la parte corta de codo de la pala consisten en lo siguiente: buje de la planta 1, que está conectado al eje principal del motor, esqueleto cilíndrico de la parte axial 3, esqueleto cilíndrico del segmento de manguito 4, pared del segmento axial y del manguito 12, protuberancia del borde superior 5 para conectar los segmentos axial y de manguito, refuerzo de acero adicional del borde y pared en el interior de la curva 6, orificios de borde 10, soportes anulares del segmento de manguito 13, y extremo frontal del segmento de manguito 14 para conexión a la pala en forma de ala.

50 El segmento axial tiene una forma cilíndrica hueca (figura 1a), y está conectado por pernos (no mostrados) a la pared de la abertura del buje de la planta eólica 9. El extremo de la parte axial frente a la curva tiene una forma elíptica, inclinado de manera oblicua a lo largo de la línea de medio arco entre la línea axial de las partes axial y de manguito que atraviesan su punto de intersección. La pendiente se dirige hacia fuera desde la dirección de rotación (figuras 4, 5 y 6). A lo largo de todo el perímetro de la abertura cilíndrica se encuentra el borde lateral 5 para fijar los dos segmentos del segmento corto del codo. El lado superior del borde, ubicado en la parte interna de la curva, está reforzado con refuerzo de acero adicional 6. Los lados y la parte posterior del borde tienen una pendiente descendente que llena la transición de la pared cilíndrica al borde. A lo largo del perímetro del borde, se perfora el número requerido de orificios 10 para la conexión del perno con el segmento de manguito.

60 El segmento de manguito puede ser algo más corto que el segmento axial o de igual longitud. El segmento de manguito tiene una forma cilíndrica (figura 1b) y en realidad duplica el segmento anular en el diseño. El segmento de manguito difiere en tener tres soportes anulares dobles 13 (figuras 1b y 2), que acomodan el soporte de las protuberancias del árbol de raíz de la pala en forma de ala 17 (figura 2), con cojinetes 18 (figuras 2 y 4) instalados en su superficie lateral. El extremo del manguito orientado hacia el segmento axial también tiene una abertura oblicuamente inclinada a lo largo de la línea de medio arco entre la línea axial de los segmentos axial y de manguito que atraviesa su punto de intersección. La pendiente se dirige hacia el extremo exterior del manguito. La abertura elíptica está bordeada por un borde lateral 5 (figura 1b), y su borde superior frente a la curva está reforzado con

refuerzo de acero adicional 6. Los lados y la parte posterior del borde tienen una pendiente descendente que llena la transición de la pared cilíndrica al borde. A lo largo del perímetro del borde del extremo oblicuo del segmento de manguito hay un número calculado de orificios 10, que acomodan una conexión atornillada 11 (figura 4) con el segmento axial de la parte corta del codo.

La pala larga en forma de ala 8 (figuras 4, 5 y 6) está hecha de fibra de vidrio, y su cavidad contiene un viga de soporte 25 de la pala (figura 4) hecha de fibra de vidrio con materiales compuestos.

La conexión de la pala en forma de ala con el segmento de manguito de la parte corta de codo se hace a través del árbol de extremo de la pala 15 (figura 4), que está hecho de acero. El esqueleto del árbol tiene una forma cilíndrica hueca, lisa en el exterior, y tiene un borde expandido de soporte anular 22 en el extremo externo, y se estrecha con forma de estrella de múltiples caras y extremo cilíndrico liso (no mostrado) en el otro [extremo]. El borde del árbol anular de soporte 22 está fijado por pernos 24 al refuerzo 23 de la raíz del esqueleto de la pala en forma de ala larga (patente US 4.412.784 de 1 de noviembre de 1983, invención FRG DE 19733 372 C1 F03D 1/06, 7 de enero de 1999). El árbol de la pala en forma de ala soporta simultáneamente la rotación de la pala a lo largo de su eje.

Un corte longitudinal del punto de conexión de las fijaciones del segmento de manguito y el árbol de la pala en forma de ala se muestra en la figura 2, donde el esqueleto del segmento de manguito 4, los soportes anulares del segmento de manguito 13, la pared del árbol de la pala en forma de ala 15, el refuerzo del árbol 16, las protuberancias anulares desmontables insertadas 17 con cojinetes 18, orificios de protuberancia empotrados en la pared del árbol 19 y pernos de fijación 20. Hay dos tipos de cojinetes: de tipo dedo y de tipo bola. Los cojinetes de tipo dedo se instalan transversalmente en el borde lateral, mientras que el tipo bola en el lado externo de las protuberancias anulares extraíbles, entre la pared del árbol y la inserción de los orificios de las protuberancias. Su propósito es proporcionar un contacto estrecho del soporte anular transversal a los soportes anulares del segmento de manguito, y un giro fácil del árbol a lo largo de su eje. La pared del árbol y la protuberancia extraíble pueden tener canales tubulares (no mostrados) que se abren en las pistas del cojinete, y tener accesorios de lubricación en el lado de la cavidad del árbol. La figura 3 representa la sección transversal de la pared del árbol de la pala en forma de ala 15 y sus tres protuberancias segmentadas insertadas 17.

El árbol de la pala larga está unida al segmento de manguito de la parte corta de codo como sigue. Se insertan tres protuberancias anulares segmentadas 17, en los planos exteriores del manguito, se instalan cojinetes 18 en forma de dedo, entre los anillos de soporte 13 (figura 2) del esqueleto del segmento de manguito. Luego, se instala un árbol de conexión de pala larga 15 en la abertura del segmento de manguito. Las protuberancias insertadas se fijan mediante pernos 20 a través de los orificios 19 al árbol de la pala. En el nivel de fijación de las protuberancias anulares extraíbles, el esqueleto del árbol de la pala tiene paredes reforzadas 16 que lo protegen contra roturas y daños. En el lado de la pala en forma de ala, el extremo del segmento de manguito está bien cerrado mediante bridas anulares 21 de una pieza o dos mitades, equipadas en los bordes interiores con juntas de caucho (no mostradas). Estas últimas brindan protección contra la entrada de humedad y suciedad entre los anillos de soporte del segmento de manguito y los cojinetes de las protuberancias anulares del árbol de conexión de la pala en forma de ala. Las bridas están fijadas mediante pernos (no mostrados) a los anillos de soporte del esqueleto del segmento de manguito. El extremo de la cara del árbol tiene un estrechamiento gradual con un dispositivo de estrella de múltiples caras, que luego también se estrecha a una forma cilíndrica. La parte facetada del árbol sirve para fijar el mecanismo de giro hidráulico 29 a través de una leva anular 28 (documento JP4104037, F03D 7/00 de 18 de junio de 2008 o en otra invención), que soporta la rotación de la pala en forma de ala a lo largo de su eje y su colocación a varias velocidades de corriente de viento. Un disco de bloqueo 26, que es de una pieza o de dos mitades, está instalado en el extremo cilíndrico del árbol de la pala en forma de ala. Están fijados por pernos 27 al soporte anular externo del segmento de manguito.

Los mecanismos que conectan el segmento de manguito de la parte corta del codo y el árbol de extremo de la pala larga en forma de ala pueden tener también otras características de diseño. Por ejemplo, en una realización no reivindicada, los soportes anulares de doble extremo del segmento de manguito pueden ser solo dos pares ubicados en los extremos del esqueleto cilíndrico, y el árbol de conexión de la pala en consecuencia tendrá dos pares de protuberancias extraíbles. Se pueden usar otras estructuras que se usan en rotores modernos para conectar el mango de la pala con el buje de la turbina eólica, que también soporta la rotación de la pala alrededor de su eje, para conectar el segmento de manguito y el árbol de extremo de la pala larga en forma de ala.

La presencia de una curva en la pala y, en consecuencia, la resistencia del codo de la pala en el efecto de torsión de la velocidad del viento, especialmente cuando se refuerza la fuerza del viento, plantea una cierta preocupación. En el nuevo diseño de rueda eólica, la presión aerodinámica del viento sobre la parte en forma de ala de la pala se transmite a través del codo en la curva. La parte corta de la raíz y la curva del codo experimentan presión en dos direcciones. La primera es en dirección vertical, la fuerza de gravedad de la parte en forma de ala, amplificada por el par de la presión aerodinámica del viento, y la segunda es el efecto de la torsión debido a la acción del viento contrario en el parte en forma de ala de la pala. Estas acciones son más notables a medida que aumenta la longitud de la pala.

La solidez técnica de la curva de la pala y superar el problema de la "ruptura" en la curva del codo por gravedad y la

resistencia de la corriente de viento que actúa sobre la parte larga en forma de ala de la pala se logran por el hecho de que la curva en el lado está reforzada por un refuerzo de acero adicional 6 (figuras 1 y 2) de los bordes superiores de los segmentos axial y de manguito. Además, los segmentos axial y de manguito están fuertemente apretados por los cables 7 (figuras 2, 3 y 4) para reducir la carga de flexión y la conexión de las partes axial y de manguito del segmento corto del codo. En el caso de una forma acortada del segmento axial (figura 6), los cables 7 se aprietan entre el segmento de manguito y el disco central 30 en el buje de la turbina eólica. El uso de cables es una sujeción fiable para la fuerza de tensión de la pala larga en forma de ala bajo la influencia de la gravedad y la presión del viento. El uso de cables es un medio de conexión bien probado en la construcción de puentes colgantes, que experimentan cargas similares. Los refuerzos laterales de acero en los bordes de los segmentos axial y de manguito del codo corto brindan fiabilidad por fractura bajo el momento de torsión por la acción frontal de la presión del viento.

Un punto clave en la generación de energía usando el viento es mejorando el coeficiente de captura de la energía cinética del viento que pasa libremente. Por lo tanto, es necesario lograr una alta densidad de flujo de viento en el área de barrido a la superficie de la pala en forma de ala y "capturar" más y más de su masa, asegurando así un gran efecto aerodinámico de la corriente de viento dentro de la zona barrida.

El momento de fuerza se sabe que es proporcional al brazo de palanca (la distancia entre el centro de rotación - aquí, el árbol principal- y el punto de aplicación de la fuerza). Según este postulado, en las ruedas eólicas operativas con palas rectas, el punto de aplicación del apalancamiento de la pala F_1 es el radio del buje de la planta eólica, desde el eje del árbol principal hasta el punto de fijación del mango de la pala al buje de la turbina eólica (figura 7).

Esta invención difiere en que el segmento corto de la pala consiste en dos partes: un segmento axial, que es una continuación a lo largo de la línea de conexión desde el eje hasta el borde del buje, y un segmento de manguito que está conectado al segmento axial en un ángulo de 10-80° (más eficientemente, 30-60°). Esto crea dos puntos de apoyo y dos puntos de aplicación de fuerza (figura 8).

Si traducimos la funcionalidad de nuestro diseño de rueda eólica a la ley de la palanca, el momento de fuerza F_1 se amplifica aún más con la adición de la fuerza del segmento axial F_2 , y la posición angular del segmento de manguito conectado a la pala larga en forma de ala actúa como una palanca, donde la fuerza del viento se transmite a través de dos puntos de apoyo, la curva del codo y el punto de conexión del segmento axial al centro de la planta (figura 8). El segmento axial de la parte corta de la pala es el enlace que constituye el momento de fuerza adicional ($F = F_1 + F_2$). La fuerza adicional transmitida es proporcional al aumento en la longitud del segmento axial, que dependiendo de la capacidad planificada de la planta eólica es de 0,20-5 metros (de un enlace F_2). Sin embargo, su eficiencia dependerá de la relación de la longitud de este último y la pala en forma de ala, que está determinada en gran medida por el esfuerzo para lograr una alta eficiencia de la fuerza cinética de la corriente de viento y por las reglas de conservación de la seguridad del diseño de la pala.

La ventaja de la rueda eólica con curva de codo puede ser menos significativa en pequeñas plantas eólicas, ya que con la rotación rápida, las palas también se encuentran con el aumento de la resistencia de la masa de aire aún no involucrada en la circulación de movimiento. En plantas eólicas de capacidad media y alta, donde la velocidad del rotor es de 11-16 rotaciones por minuto, el diseño de palas con codos doblados y dos puntos de apoyo y dos puntos de aplicación de fuerza ubicados en un lado comunica un efecto de fuerza adicional mucho mayor que con palas rectas. Nuestro diseño, al tiempo que conserva la longitud de diseño moderno de las palas en plantas eólicas de capacidad media y alta, crea una base real para aumentar la capacidad en dos o tres veces, aplicando generadores potentes y reduciendo los gastos materiales y financieros.

La posición de la parte larga en forma de ala de las palas con un ángulo de 10-80° con la fijación axial de la parte de la raíz de la pala ayuda a amplificar el movimiento de la corriente de viento, y su densidad en el plano del ala aumenta algo. Si la corriente de viento en palas rectas, con una distancia desde el centro (aquí, desde el centro de la planta eólica) hacia la periferia, fluye libremente en el espacio en expansión entre las palas, entonces la pala larga del rotor de nuestro diseño, asumiendo una posición angular en relación con el eje de fijación al buje, permanece constantemente bajo la presión de la corriente de viento. La diferencia del diseño de pala o rotor inventado basado en el principio de una palanca con dos brazos y dos puntos de aplicación de fuerza ubicados en un lado está específicamente diseñado para superar fácilmente la resistencia de una corriente de viento densa.

Como opción alternativa, reivindicamos un dispositivo estructural adicional en la forma de una quilla 32 (figura 9) instalado en el extremo del ala 8 transversalmente a su plano. La altura de esta quilla es de 45-50 cm, lo que es un impedimento considerable para la separación de la corriente de viento de las partes de extremo. El dispositivo tiene una forma triangular, más baja (20-25 cm de altura) en el lado de barlovento, 45-50 cm de altura y algo alargada, de 20-25 cm, en la parte trasera. La base de la quilla sobresale hacia atrás desde el borde del ala, y la elongación triangular se extiende en la parte superior trasera. La presencia de una quilla limitadora en el extremo de la pala también ayuda a crear una alta densidad de flujo de viento a lo largo de toda la parte en forma de ala.

El uso de nuestro diseño de pala inventada en plantas de energía eólica, dividido en una parte corta con la curva del codo y una parte larga en forma de ala, a fuerza de las diferentes relaciones de transferencia a través del principio

- 5 de un sistema de palanca con dos brazos y dos puntos de apoyo ubicados en un lado, producen un beneficio de fuerza adicional que excede en gran medida la de las palas con un diseño recto. Esto aumenta el coeficiente de fuerza de rotación de la corriente de viento, los generadores de energía, y también permite reducir la longitud de la pala y el peso de la góndola y la torre del motor eólico. Esto nos permite aumentar la generación de energía eléctrica unitaria anual por unidad de área barrida, y reducir el coste por kilovatio-hora de energía para los materiales consumidos y los trabajos realizados.

REIVINDICACIONES

1. Una rueda eólica que consiste en un árbol principal, un buje de planta eólica (1) y palas, consistiendo cada pala en dos partes: una parte corta con segmentos axial (3) y de manguito (4) conectados en ángulo y una parte larga en forma de ala conectada al segmento de manguito con un árbol de extremo y por medio de dispositivos de soporte con cojinetes, en la que la parte corta está hecha de acero, y en una distancia de 1,5-5 metros o 0,20-1,5 metros desde su conexión al buje (1), y en la unión de los segmentos axial (3) y de manguito (4) tiene una curva de codo de 10°-80° opuesta a la dirección de rotación de la rueda eólica, en la que el segmento de manguito (4) de la parte corta tiene un esqueleto cilíndrico y está conectado a la parte en forma de ala (8) de la pala, en la que el extremo de raíz de la parte en forma de ala se suministra con un árbol de acero hueco (15), en la que dicho árbol (15) está conectado con un esqueleto de la parte en forma de ala (8) tensando unos pernos (24), en la que en el extremo del segmento de manguito cerca del codo se instalan mecanismos hidráulicos (29) conectados al extremo de dicho árbol (15) de la parte en forma de ala (8) a través de levas (28) que permiten la rotación de la parte en forma de ala a lo largo de su eje, **caracterizada por que** el esqueleto cilíndrico del segmento de manguito comprende tres anillos de soporte dobles (13) y **por que** dicho árbol (15) de la parte en forma de ala comprende tres protuberancias extraíbles (17) con cojinetes (18), en la que las tres protuberancias extraíbles (17) con cojinetes están insertadas entre los tres anillos de soporte dobles (13) y están tensados al árbol (15) con pernos (20).
2. Rueda eólica según la reivindicación 1, **caracterizada por que** el segmento axial (3) de la parte corta tiene una longitud de 1,5-5 metros y está unido al segmento de manguito (4) en un ángulo, en la que los bordes de sus puntos de conexión están orientados hacia la curva interior que tiene refuerzos de acero (6), y ambos segmentos de la parte corta están tensados por cables (7).
3. Rueda eólica según la reivindicación 1, **caracterizada por que** el segmento axial (3) de la parte corta tiene una longitud de 0,2-1,5 metros y está unido al segmento de manguito (4) en ángulo, en la que los bordes de sus puntos de conexión que están orientados hacia la curva interior tienen refuerzos de acero, en la que los cables (7) que soportan la curva de codo están tensados entre un disco central (30) en el buje (1) y el segmento de manguito (4) de la parte corta de la pala.
4. Rueda eólica según la reivindicación 1, **caracterizada por que** su parte corta con curva de codo constituye una palanca con dos brazos y dos puntos de apoyo en un lado, diseñada para aprovechar eficientemente la alta densidad de la corriente de viento que pasa a través de la parte en forma de ala (8) de la pala.
5. Método de fabricación de una rueda eólica según la reivindicación 1 y que consiste en un árbol principal, un buje de planta eólica (1) y palas, consistiendo cada pala en dos partes: una parte corta con segmentos axial (3) y de manguito (4) conectados en un ángulo y una parte larga en forma de ala (8) en su extremo de árbol de raíz conectada al segmento de manguito con dispositivos de soporte con cojinetes, en el que el brazo principal de aplicación de fuerza es igual al brazo de palanca que se extiende desde el eje del árbol principal hasta la unión entre el buje y la parte corta F_1 , se amplifica mediante la unión del segmento axial (3), que constituye el momento de fuerza adicional F_2 , y confiere un mayor efecto aerodinámico $F = F_1 + F_2$, donde el segmento de manguito (4) está montado en el segmento axial en un ángulo de 10°-80°, opuesto a la dirección de rotación de la rueda eólica, **caracterizado por que** unas protuberancias anulares extraíbles (17) con cojinetes (18) están insertadas entre anillos de soporte anulares dobles (13) en el segmento de manguito (4), después de lo cual se instala un árbol de acero hueco (15) de la parte en forma de ala, en el que las protuberancias extraíbles (17) se tensan a dicho árbol (15) con pernos (20), mientras que el borde de extremo de dicho árbol de acero hueco se fija al árbol de esqueleto de la parte en forma de ala de la pala utilizando pernos de tensado (24).

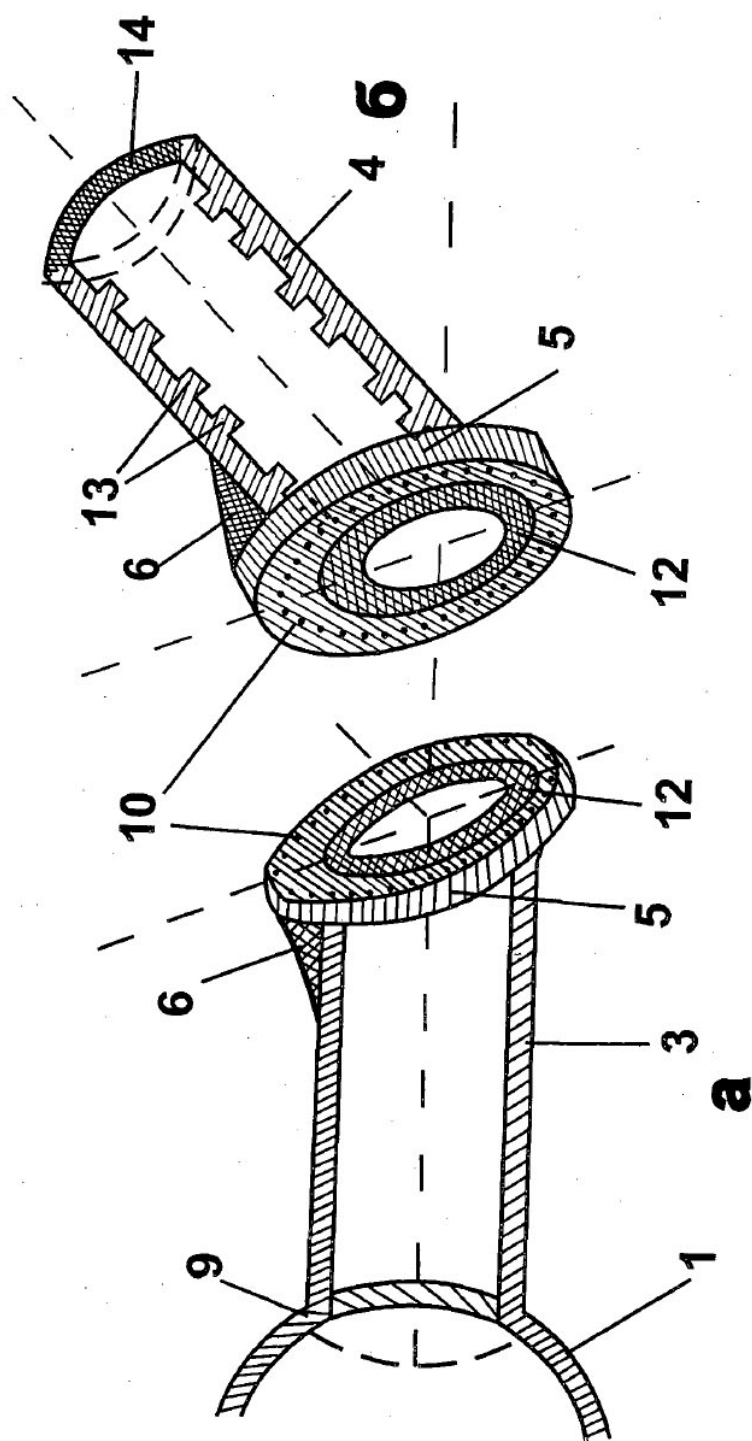


Figura 1

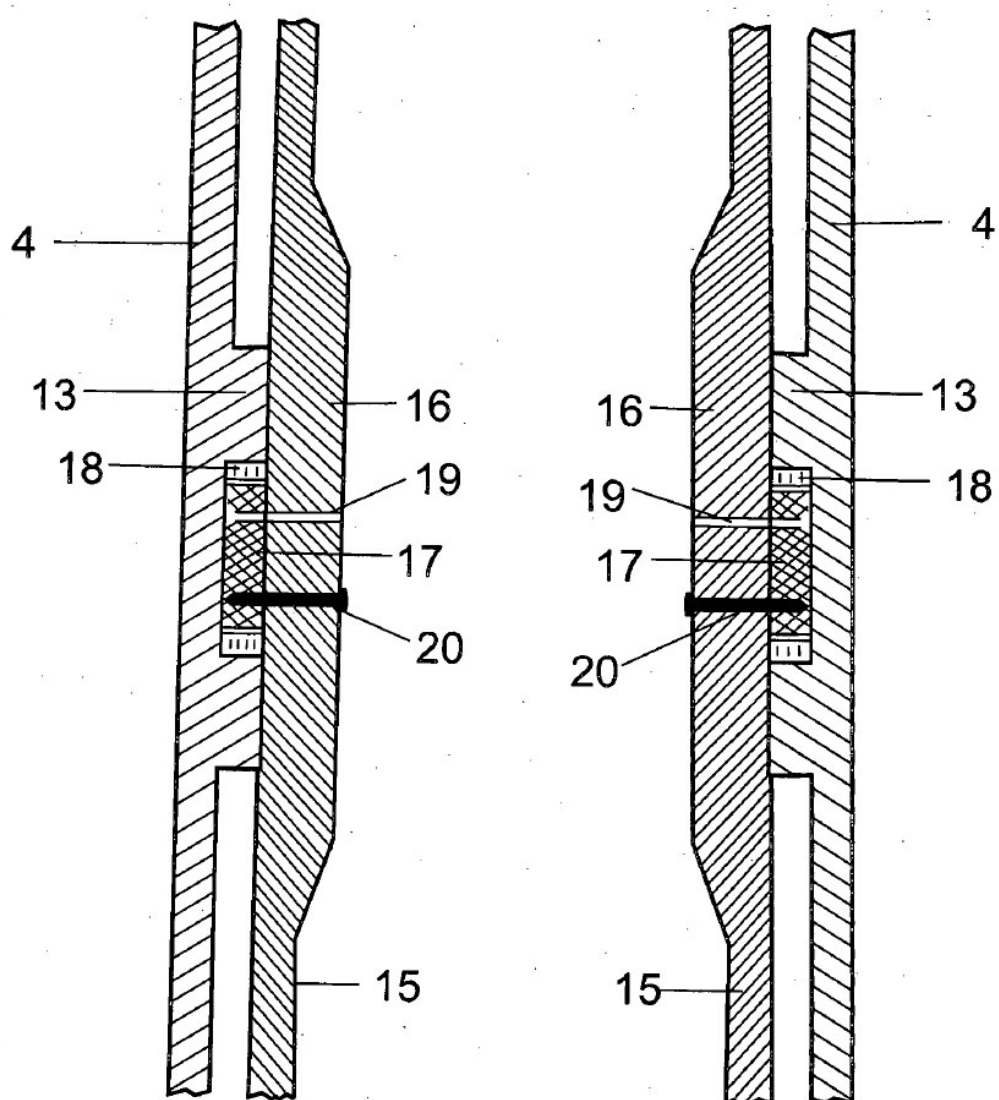


Figura 2

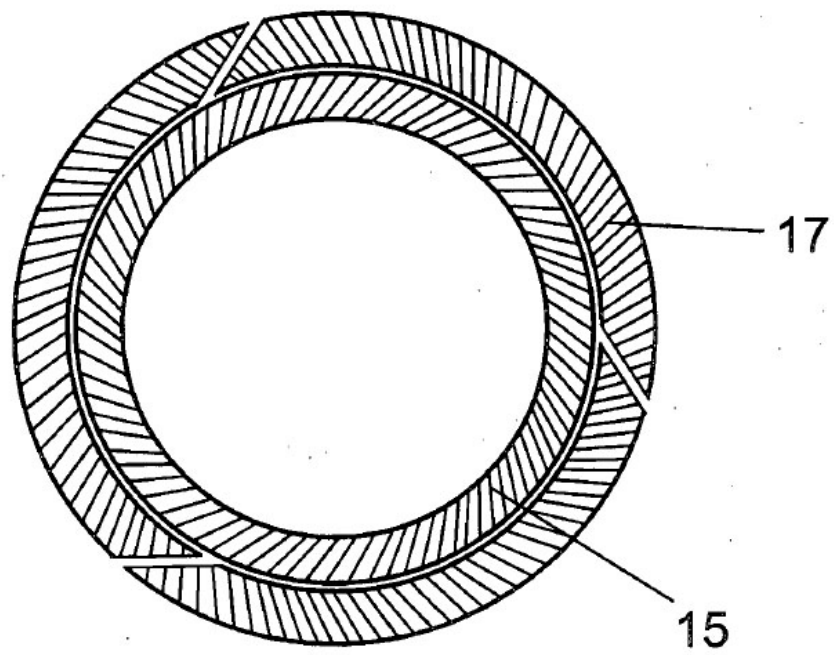


Figura 3

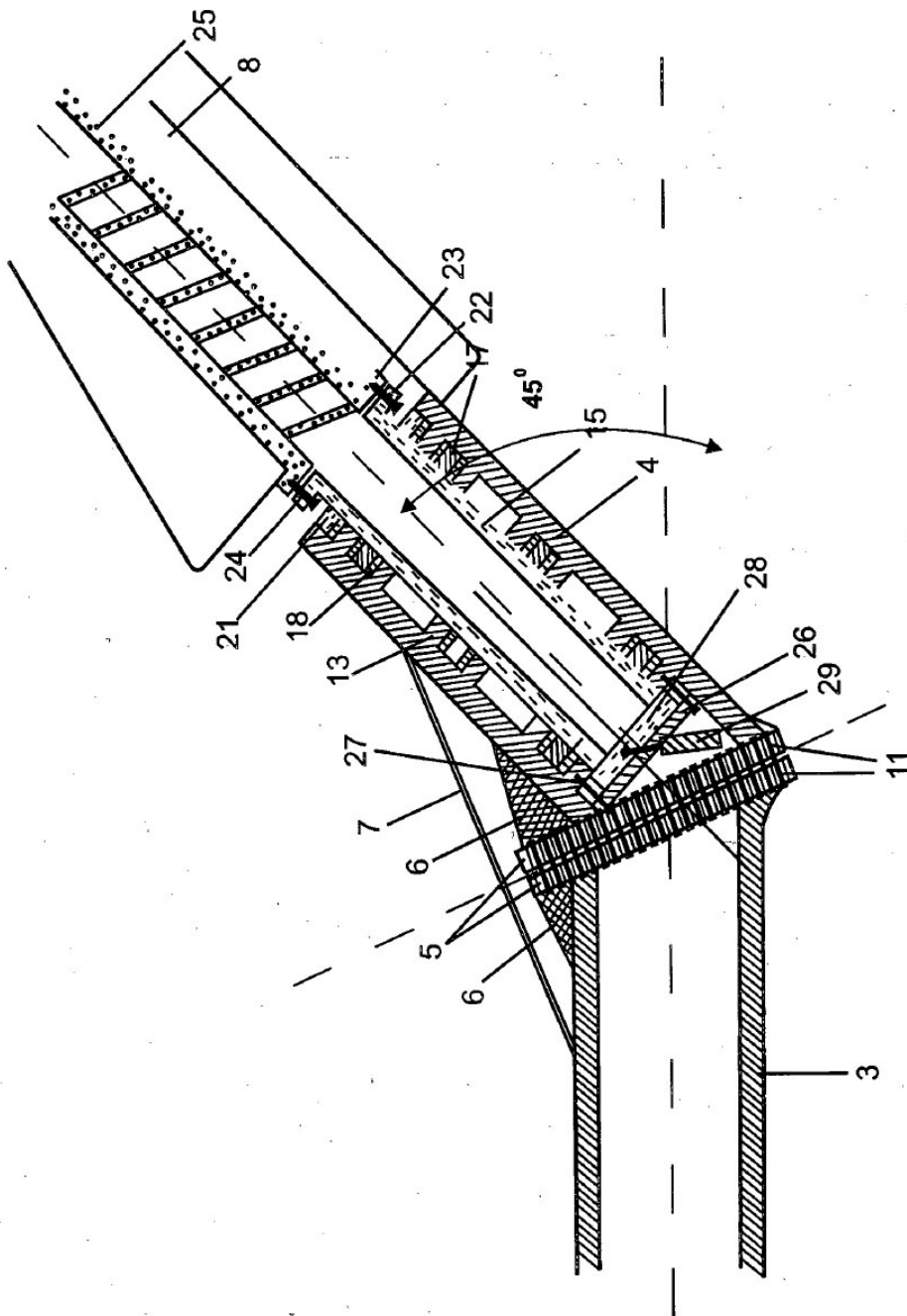


Figura 4

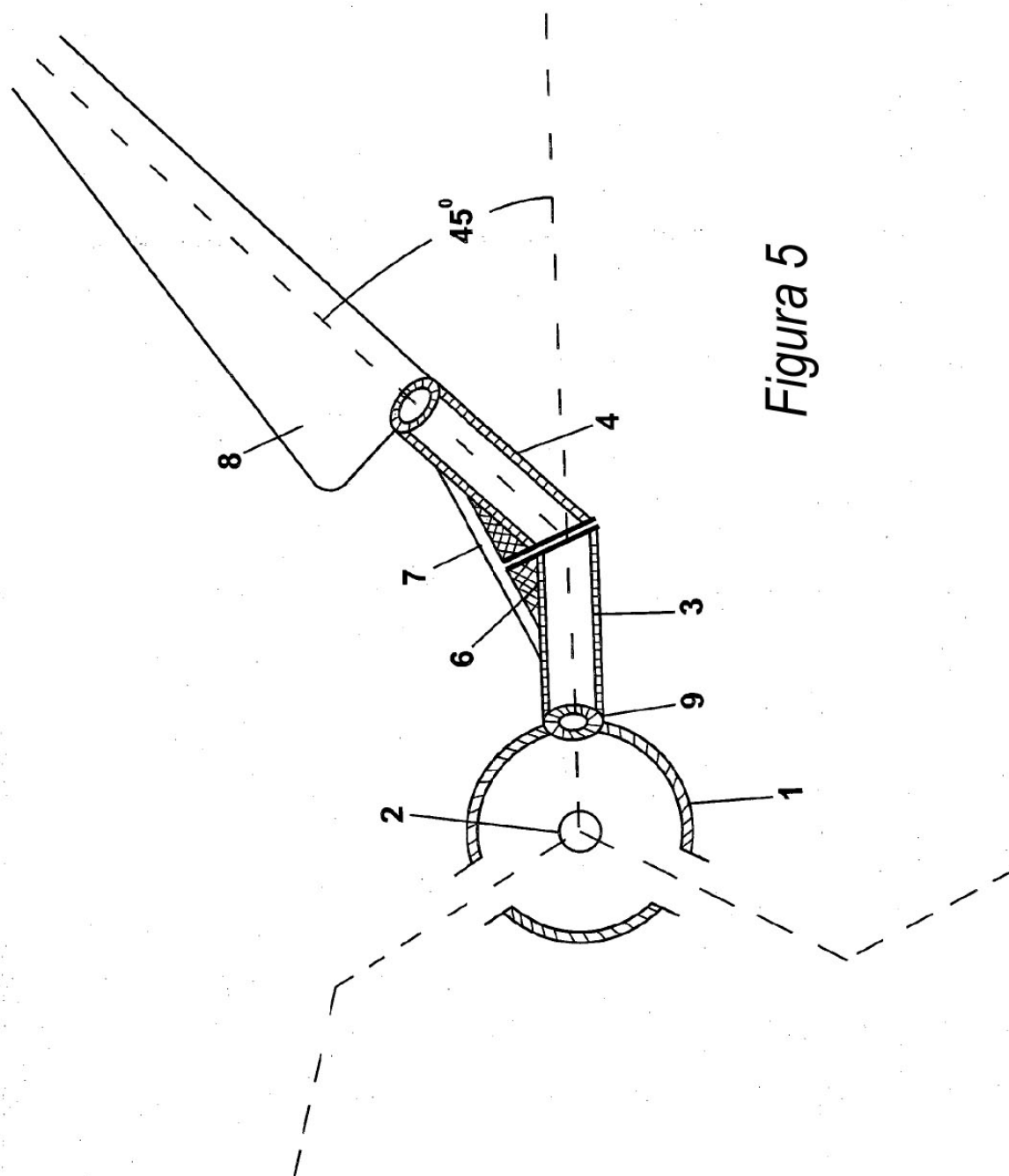
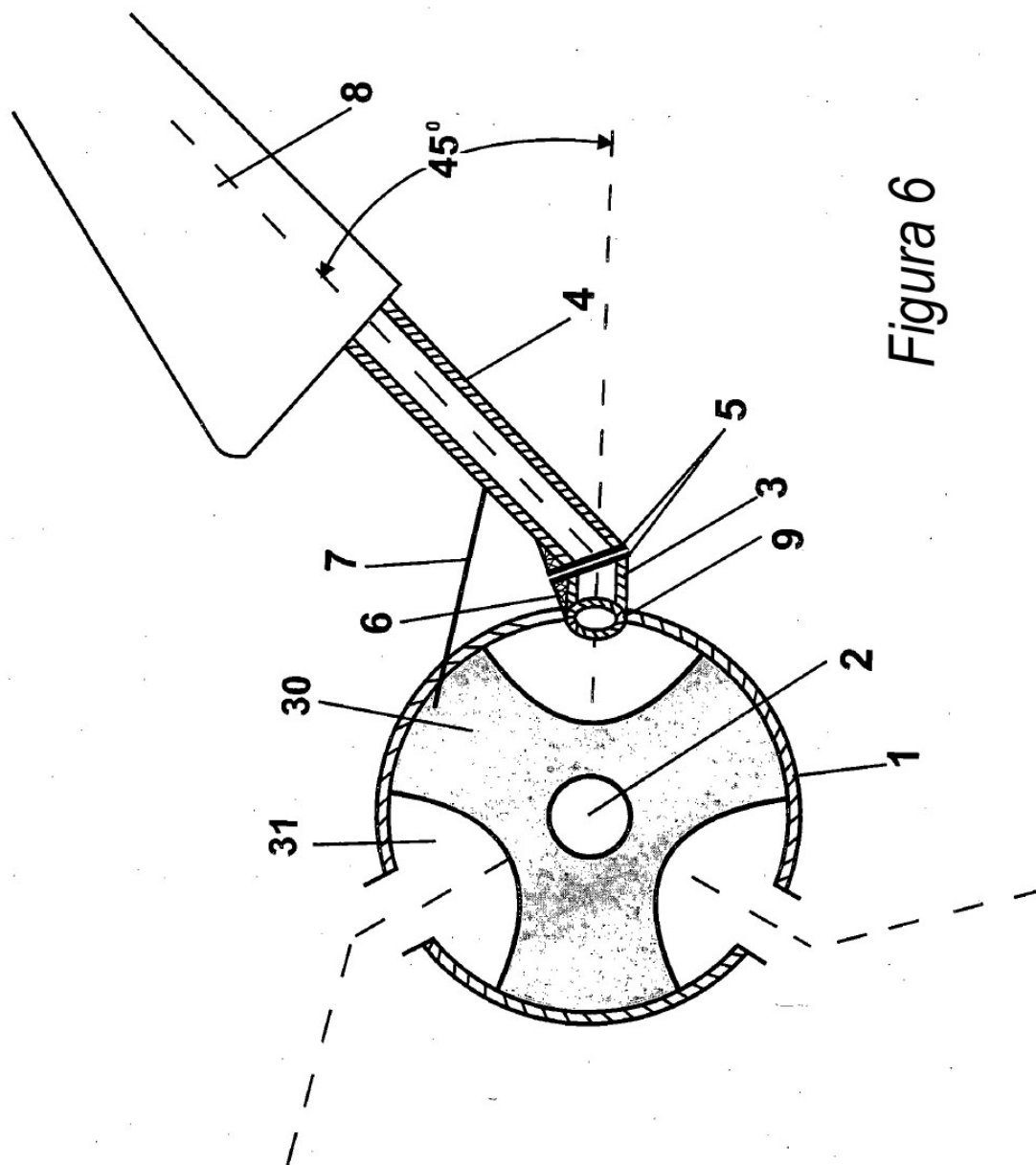
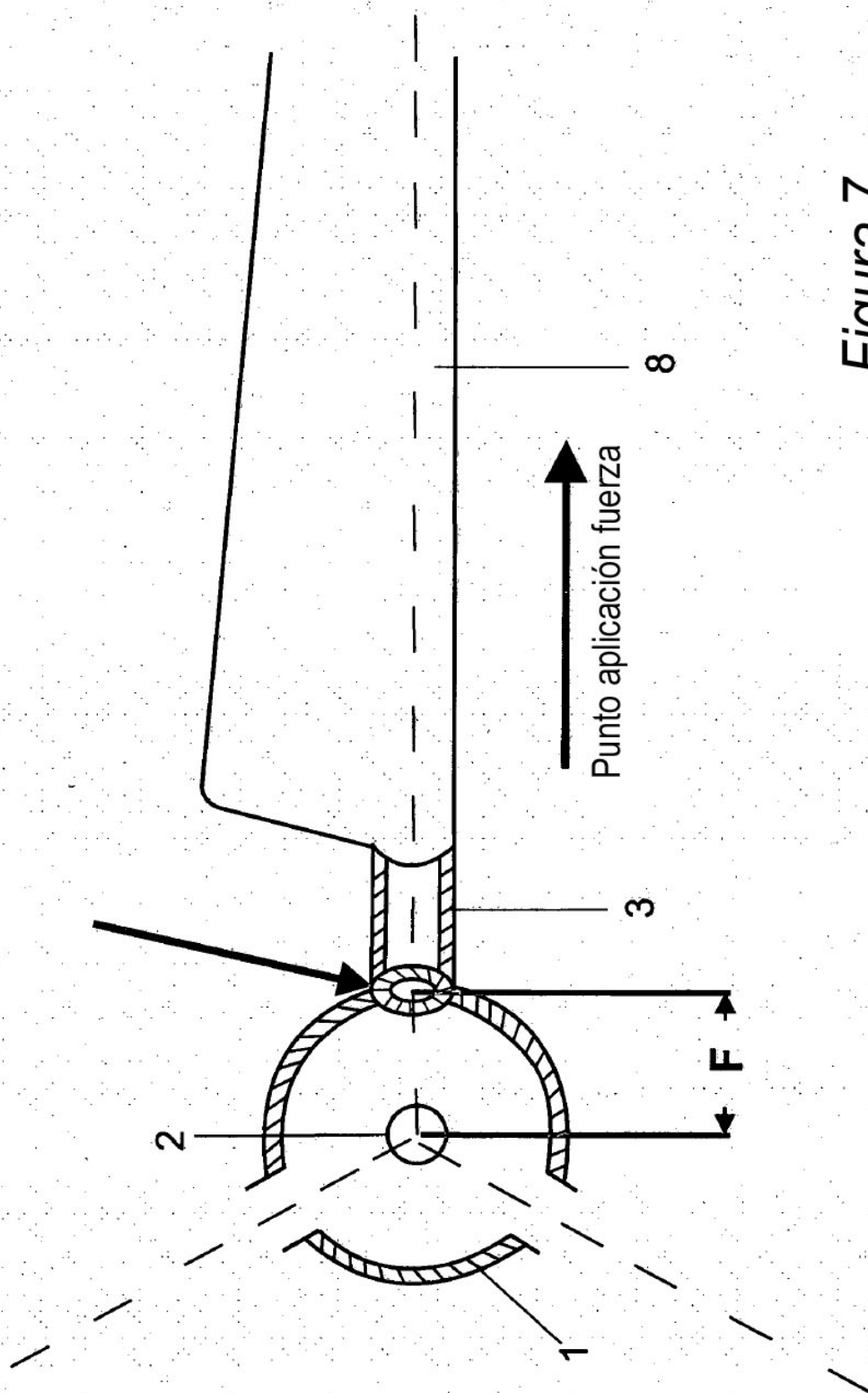
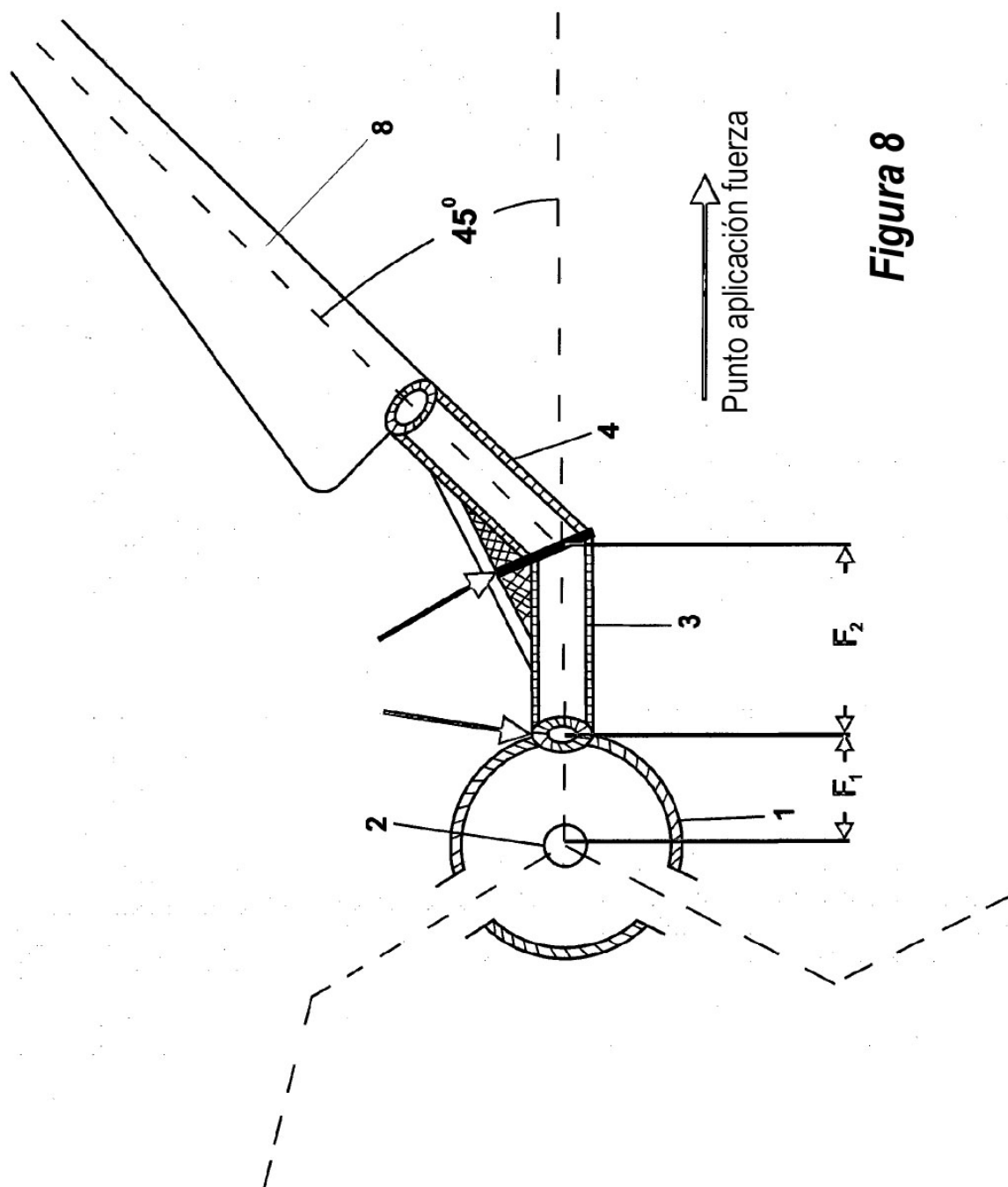


Figura 5







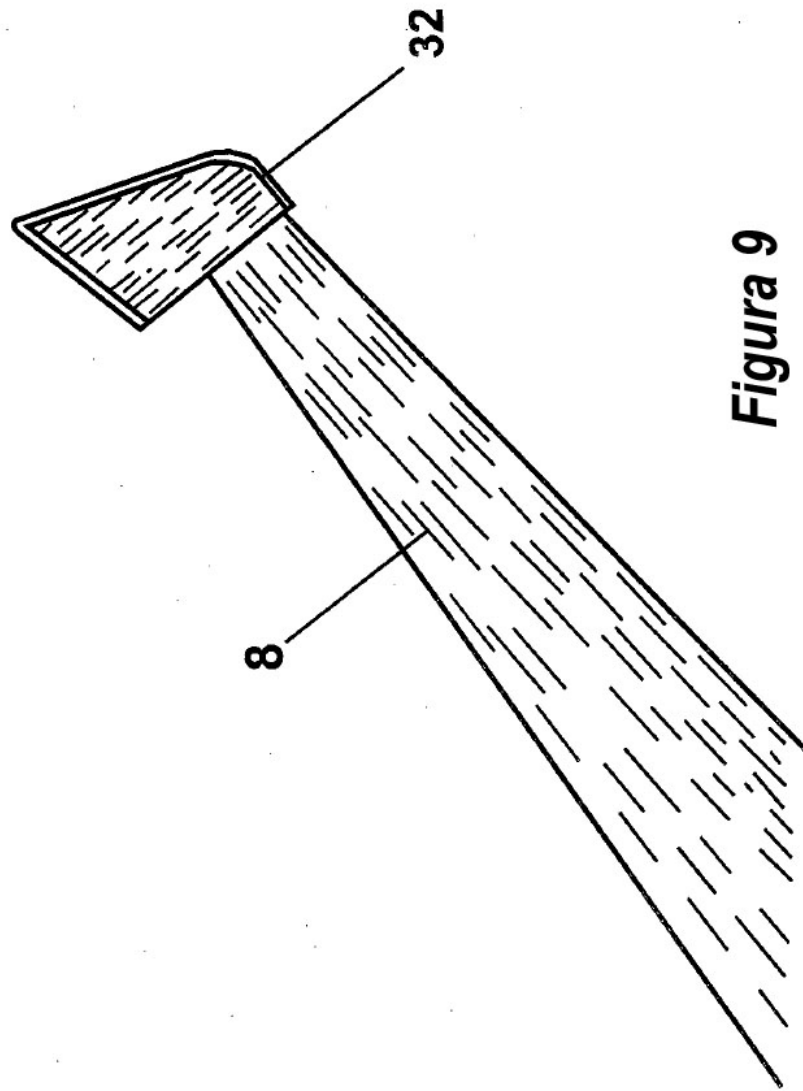


Figura 9